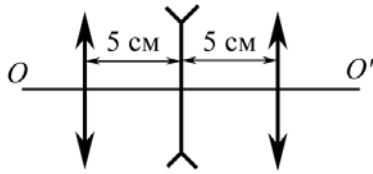


## Вариант 1

**1.5.** Пучок параллельных световых лучей падает из воздуха на толстую стеклянную пластину под углом  $60^\circ$  и, преломляясь, переходит в стекло. Ширина пучка в воздухе 10 см. Определите ширину пучка в стекле. Показатель преломления стекла 1,51.



**2.1.** Система, состоящая из трех тонких линз (см. рисунок), находится в воздухе. Оптическая сила каждой линзы 10,0 дптр. Определить: а) положение точки схождения параллельного пучка, падающего слева, после прохождения через систему; б) расстояние от первой линзы до точки на оси слева от системы, при котором эта точка и ее изображение будут расположены симметрично относительно системы.

**3.3.** Найти длину волны  $\lambda$  монохроматического излучения, если в опыте Юнга расстояние первого интерференционного максимума от центрального максимума  $x = 0,05$  см, расстояние от щелей до экрана  $L = 5$  м, расстояние между щелями  $d = 0,5$  см.

**4.12.** Две одинаковые плосковыпуклые линзы из кронгласа ( $n = 1,51$ ) соприкасаются своими сферическими поверхностями. Определите оптическую силу такой системы, если в отраженном свете с длиной волны 0,60 мкм диаметр пятого светлого кольца Ньютона равен 1,5 мм. Каков диаметр пятого кольца, если пространство между линзами заполнено сероуглеродом ( $n_c = 1,63$ )?

**5.1.** На непрозрачную преграду с отверстием радиуса  $r = 1$  мм падает плоская монохроматическая световая волна. Когда расстояние от преграды до установленного за ней экрана  $b_1 = 0,575$  м, в центре дифракционной картины наблюдается максимум интенсивности. При увеличении расстояния до значения  $b_2 = 0,862$  м максимум интенсивности сменяется минимумом. Определить длину волны света.

**6.1.** Сколько штрихов на 1 мм содержит дифракционная решетка, если при наблюдении в свете ( $\lambda = 0,6$  мкм) максимум пятого порядка наблюдается под углом  $\varphi = 18^\circ$ ?

**7.1.** Какой характер поляризации имеет плоская электромагнитная волна, проекции вектора  $\mathbf{E}$  которой на оси  $X$  и  $Y$ , перпендикулярные направлению ее распространения, определяются следующими соотношениями:

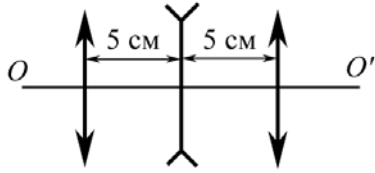
$$E_x = E \cos(\omega t - kz), \quad E_y = E \cos(\omega t - kz + \pi/4)?$$

**8.1.** Каким должен быть показатель преломления среды, чтобы коэффициент отражения естественного света имел минимум при угле падения между  $0^\circ$  и  $90^\circ$ ?

**9.1.** Между двумя скрещенными поляризаторами находится клиновидная пластинка, вырезанная из ирландского шпата так, что оптическая ось пластинки параллельна ребру клина. Угол при вершине клина  $\beta = 4,72'$ . Ось пластинки образует с плоскостями поляризаторов углы, равные  $45^\circ$ . Найти расстояние  $\Delta x$  между серединами светлых полос, наблюдаемых за вторым поляризатором при прохождении через систему света с  $\lambda = 486$  нм. Для этой длины волны показатели преломления исландского шпата для обыкновенного и необыкновенного лучей  $n_o = 1,668$  и  $n_e = 1,491$ .

## Вариант 2

1.2. Показать, что луч света, последовательно отразившийся от трех взаимно перпендикулярных плоских зеркал, изменит свое направление на прямо противоположное.



2.1. Система, состоящая из трех тонких линз (см. рисунок), находится в воздухе. Оптическая сила каждой линзы 10,0 дптр. Определить: а) положение точки схождения параллельного пучка, падающего слева, после прохождения через систему; б) расстояние от первой линзы до точки на оси слева от системы, при котором эта точка и ее изображение будут расположены симметрично относительно системы.

3.1. Во сколько раз  $N$  в опыте Юнга нужно изменить расстояние до экрана, чтобы пятая светлая полоса новой интерференционной картины оказалась на том же расстоянии, что и третья в прежней картине? То же для третьей и седьмой темных полос.

4.1. В опыте Юнга отверстия освещались монохроматическим светом длиной волны  $\lambda = 6 \cdot 10^{-5}$  см; расстояние между отверстиями  $d = 1$  мм и расстояние от отверстий до экрана  $L = 3$  м. Найти расстояние  $x_i$  трех первых максимумов от нулевого максимума.

5.1. На непрозрачную преграду с отверстием радиуса  $r = 1$  мм падает плоская монохроматическая световая волна. Когда расстояние от преграды до установленного за ней экрана  $b_1 = 0,575$  м, в центре дифракционной картины наблюдается максимум интенсивности. При увеличении расстояния до значения  $b_2 = 0,862$  м максимум интенсивности сменяется минимумом. Определить длину волны света.

6.2. Свет с длиной волны 535 нм падает нормально на дифракционную решетку. Найти ее период, если одному из френгоферовых максимумов соответствует угол дифракции  $35^\circ$  и наибольший порядок спектра равен пяти.

7.2. Какой характер поляризации имеет плоская электромагнитная волна, проекции вектора  $\mathbf{E}$  которой на оси  $x$  и  $y$ , перпендикулярные направлению ее распространения, определяются следующими соотношениями:

$$E_x = E \cos(\omega t - kz), \quad E_y = E \sin(\omega t - kz).$$

8.2. При каких условиях луч света, падающий на боковую грань прозрачной изотропной призмы с преломляющим углом  $\alpha = 60^\circ$ , проходит через нее без потерь на отражение?

9.2. Белый естественный свет падает на систему из двух скрещенных николей, между которыми находится кварцевая пластинка, вырезанная параллельно оптической оси, толщиной 1,5 мм. Ось пластинки составляет угол  $45^\circ$  с главными направлениями николей. Прошедший через эту систему свет разложили на спектр. Сколько длинных полос будет наблюдаться в интервале длин волн 0,55 – 0,66 мкм? Разность показателей преломления обыкновенных и необыкновенных лучей в этом интервале длин волн считать равной 0,009.

### Вариант 3

1.2. Показать, что луч света, последовательно отразившись от трех взаимно перпендикулярных плоских зеркал, изменит свое направление на прямо противоположное.

2.3. Улитка размером  $a$  сидит на дальней стенке прямоугольного аквариума ширины  $l$ . Во сколько раз изменится видимый угловой размер улитки, если из аквариума слить воду? Наблюдатель расположился на расстоянии  $L$  от аквариума.

3.3. Найти длину волны  $\lambda$  монохроматического излучения, если в опыте Юнга расстояние первого интерференционного максимума от центрального максимума  $x = 0,05$  см, расстояние от щелей до экрана  $L = 5$  м, расстояние между щелями  $d = 0,5$  см.

4.3. Расстояние между двумя мнимыми изображениями источника света в зеркалах Френеля  $d = 0,7$  мм, расстояние от изображений до экрана  $l = 2,267$  м, ширина полосы интерференции  $x = 1,9$  мм, расстояние от источника до линии пересечения зеркал  $r = 10$  см. Определите: а) длину волны монохроматического света, падающего на зеркала, острый угол между ними и число полос на экране; б) закон распределения интенсивности света на экране; в) допустимые размеры точечного источника, при которых можно наблюдать отчетливую картину интерференции.

5.3. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии  $L$  от точечного источника монохроматического света с  $\lambda = 6 \cdot 10^{-5}$  см. На расстоянии  $0,5L$  от источника помещена круглая прозрачная преграда диаметром 1 см. Чему равно расстояние  $L$ , если преграда закрывает только центральную зону Френеля?

6.3. На щель нормально падает пучок монохроматического света. Длина волны укладывается на ширине щели 6 раз. Под каким углом будет наблюдаться 3-й дифракционный минимум света? Сделать чертеж, показать угол дифракции и разность хода между крайними лучами.

7.3. Какой характер поляризации имеет плоская электромагнитная волна, проекции вектора  $\mathbf{E}$  которой по оси  $x$  и  $y$ , перпендикулярные направлению ее распространения, определяются следующими соотношениями:

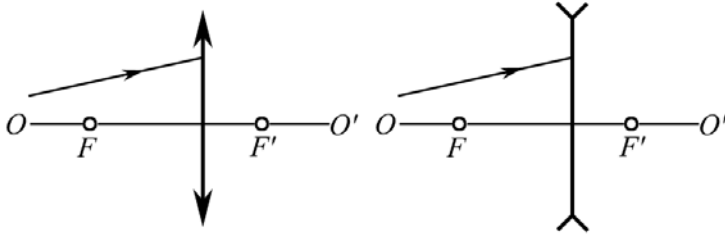
$$E_x = E \cos(\omega t - kz), \quad E_y = E \cos(\omega t - kz + \pi)?$$

8.3. Один поляроид пропускает 30 % света, если на него падает естественный свет. После прохождения света через два таких поляроида интенсивность падает до 9 %. Найти угол  $\varphi$  между осями поляроидов.

9.3. Кристаллическая пластинка в полволны установлена между двумя совершенными поляризаторами. На первый (по ходу) луч поляризатора падает естественный монохроматический свет интенсивностью  $I_0$  с длиной волны, соответствующей пластинке. Оптическая ось пластинки образует с вертикалью угол  $\alpha = 30^\circ$ . Первый поляризатор закреплен в положении, в котором его плоскость вертикальна. Второго поляризатора может вращаться. Определить интенсивность  $I$  света, вышедшего из второго поляризатора, для случаев, когда плоскости поляризаторов: а) параллельны, б) взаимно перпендикулярны.

## Вариант 4

1.3. Построить изображение предмета  $AB$ , лежащего на главной оптической оси: а) собирающей линзы; б) рассеивающей линзы.



2.4. Открытый сверху сосуд, на дне которого находится точечный монохроматический источник света, заполняют снизу водой так, что ее уровень поднимается со скоростью  $v = 9,0$  мм/с. Найти относительный сдвиг частоты  $\Delta\omega / \omega$  света, который наблюдают над поверхностью воды вдоль вертикали, проходящей через источник. Наблюдатель предполагается неподвижным.

3.4. Во сколько раз  $N$  увеличится расстояние между соседними интерференционными полосами на экране в опыте Юнга, если зеленый ( $\lambda_1 = 5 \cdot 10^{-5}$  см) светофильтр заменить красным ( $\lambda_2 = 6,5 \cdot 10^{-5}$  см)?

4.4. Тупой угол стеклянной бипризмы Френеля ( $n = 1,5$ ) равен  $179^\circ$ , длина волны источника света  $0,60$  мкм, расстояние от источника света до призмы  $8$  см, до экрана –  $5$  м. Определите расстояние между соседними интерференционными полосами  $\Delta x$  и число  $N$  полос интерференции.

5.4. Монохроматический свет ( $\lambda = 0,5$  мкм) падает нормально на круглое отверстие диаметром  $d = 1$  см. На каком расстоянии от отверстия должна находиться точка наблюдения, чтобы в отверстии помещались а) одна зона Френеля, б) две зоны Френеля.

6.4. Определите длину волны монохроматического света, падающего нормально на дифракционную решетку, период которой равен  $2,2$  мкм, если угол между направлениями на фраунгоферовы максимумы первого и второго порядков  $\Delta\varphi = 15^\circ$ .

7.4. Степень поляризации частично поляризованного света  $P = 0,25$ . Найти отношение интенсивности поляризованной составляющей этого света к интенсивности естественной составляющей.

8.4. Естественный свет проходит через поляризатор и анализатор, поставленные так, что угол между их главными плоскостями равен  $\varphi$ . Как поляризатор, так и анализатор поглощают  $8\%$  падающего на них света. Оказалось, что интенсивность луча, вышедшего из анализатора, равна  $9\%$  интенсивности света, падающего на поляризатор. Найти угол  $\varphi$ .

9.4. Имеется горизонтальный параллельный пучок эллиптически поляризованного света. Обнаружено, что при прохождении пучка через пластинку  $\lambda/4$  при определенной ее ориентации свет оказывается линейно поляризованным под углом  $\alpha_1 = 23^\circ$  к вертикали. Если пластинку повернуть на угол  $90^\circ$ , то свет снова оказывается линейно поляризованным под углом  $\alpha_2 = 83^\circ$  к вертикали. Найти отношение  $a/b$  полуосей эллипса поляризации и угол  $\varphi$  наклона большой оси.

### Вариант 5

1.5. Пучок параллельных световых лучей падает из воздуха на толстую стеклянную пластину под углом  $60^\circ$  и, преломляясь, переходит в стекло. Ширина пучка в воздухе 10 см. Определите ширину пучка в стекле. Показатель преломления стекла 1,51.

2.5. При каком минимальном угле падения луча света на стопку плоских прозрачных пластин, показатель преломления каждой из которых в  $k$  раз меньше, чем у вышележащей, луч не пройдет сквозь стопку? Показатель преломления верхней пластины  $n$ , число пластин  $N$ .

3.5. В опыте с зеркалами Френеля расстояние между мнимыми изображениями источника света  $d = 0,5$  мм, расстояние до экрана  $L = 5$  м. В зеленом свете получились интерференционные полосы на расстоянии  $\Delta x = 5$  мм друг от друга. Найти длину волны  $\lambda$  зеленого света.

4.5. В опыте Ллойда по интерференции в качестве отражателя света используется поверхность стеклянной пластинки  $П$ , а источником света служит параллельная ей светящаяся щель. Середина щели находится на расстоянии  $d = 1$  мм от продолжения отражающей поверхности, экран  $Э$  удален от щели на расстояние  $l = 4$  м, длина волны  $\lambda = 0,7$  мкм. На каком расстоянии  $x$  от середины центральной полосы находится третья светлая полоса? Какую ширину должна иметь щель, чтобы полосы были достаточно четкими?

5.5. Точечный источник монохроматического света расположен перед зонной пластинкой на расстоянии  $a = 1,5$  м от нее. Изображение источника образуется на расстоянии  $d = 1,0$  м от пластинки. Найти фокусное расстояние зонной пластинки.

6.5. На дифракционную решетку падает нормально пучок света от разрядной трубки, наполненной водородом. Чему должна быть равна постоянная решетки, чтобы в направлении  $\varphi = 41^\circ$  совпадали две линии:  $\lambda_1 = 6563 \text{ \AA}$  (максимум третьего порядка) и  $\lambda_2 = 4102 \text{ \AA}$  (максимум четвертого порядка)? Сделайте чертеж. Показать угол дифракции и разность хода лучей.

7.5. В частично поляризованном свете амплитуда светового вектора, соответствующая максимальной интенсивности света, в  $n = 2$  раза больше амплитуды, соответствующей минимальной интенсивности. Определить степень поляризации света.

8.5. Имеются два одинаковых несовершенных поляризатора, каждый из которых в отдельности обуславливает степень поляризации  $P_1 = 0,8$ . Какова будет степень поляризации света, прошедшего последовательно через оба поляризатора, если плоскости поляризаторов: а) параллельны, б) перпендикулярны друг к другу?

9.5. Кристаллическая пластинка, вырезанная параллельно оптической оси, имеет толщину 0,25 мм и служит пластинкой в четверть волны для  $\lambda = 530$  нм. Для каких длин волн в области видимого спектра она будет также пластинкой в четверть волны? Считать, что для всех длин волн видимого спектра разность показателей преломления обыкновенных и необыкновенных лучей  $\Delta n = 0,009$ .

## Вариант 6

- 1.6.** На плоскопараллельную прозрачную для света пластину толщиной 2 см падает луч под углом  $60^\circ$ . Определите угол преломления этого луча, если при выходе из пластины луч смещается на 1 см.
- 2.6.** На дне стеклянной ванны лежит зеркало, поверх которого налит слой воды высотой 20 см. В воздухе на высоте 30 см над поверхностью воды висит лампа. На каком расстоянии от поверхности воды смотрящий в воду наблюдатель будет видеть изображение лампы в зеркале? Показатель преломления воды 1,33.
- 3.3.** Найти длину волны  $\lambda$  монохроматического излучения, если в опыте Юнга расстояние первого интерференционного максимума от центрального максимума  $x = 0,05$  см, расстояние от щелей до экрана  $L = 5$  м, расстояние между щелями  $d = 0,5$  см.
- 4.6.** Рассеянный монохроматический свет с длиной волны 0,60 мкм падает на пленку толщиной 15 мкм с показателем преломления 1,5. Определите угловое расстояние между соседними максимумами, наблюдаемыми в отраженном свете под углами с нормалью, близкими к  $45^\circ$ .
- 5.6.** Найти радиус третьей и пятой зон Френеля, если расстояние от источника света до волновой поверхности  $a = 1$  м, расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения  $b = 1$  м. Длина света  $\lambda = 500$  нм.
- 6.6.** На щель шириной  $a = 0,05$  мм падает нормально монохроматический свет ( $\lambda = 0,6$  мкм). Определить угол между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.
- 7.6.** Степень поляризации частично поляризованного света  $P = 0,5$ . Во сколько раз отличается максимальная интенсивность света, пропускаемого через анализатор, от минимальной?
- 8.6.** На пути частично поляризованного пучка поместили николю. При повороте николя на угол  $\varphi = 60^\circ$  из положения, соответствующего максимуму пропускания света, интенсивность прошедшего света уменьшилась в  $\eta = 3$  раза. Найти степень поляризации падающего света.
- 9.6.** Естественный свет проходит через систему из двух одинаковых несовершенных поляризаторов, каждый из которых пропускает в своей плоскости 95 % интенсивности соответствующего колебания и обуславливает степень поляризации  $P = 0,90$ . Какую долю первоначальной интенсивности света составляет интенсивность света, прошедшего через эту систему, если плоскости поляризаторов взаимно перпендикулярны (поляризаторы скрещены)?

## Вариант 7

- 1.7. Точечный источник света расположен в воде на глубине 1 м. Показатель преломления воды равен 1,33. Каков радиус круга на поверхности воды, в пределах которого возможен выход лучей в воздух?
- 2.7. В днище судна сделан стеклянный иллюминатор для наблюдения за морскими животными. Диаметр иллюминатора 40 см, много меньше толщины стекла. Определите площадь обзора дна из такого иллюминатора. Показатель преломления морской воды 1,4, расстояние до дна 5 м.
- 3.7. Плоская световая волна падает на бисеркала Френеля, угол между которыми  $\alpha = 2'$ . Найти длину волны света  $\lambda$ , если ширина интерференционной полосы на экране  $\Delta x = 0,55$  мм.
- 4.7. Интерференция при отражении света наблюдается в тонком стеклянном клине. Расстояние между соседними темными полосами 5 мм, показатель преломления стекла 1,5, длина световой волны 0,58 мкм. Определите угол между гранями клина.
- 5.7. Найти радиус второй и четвертой зон Френеля для плоской волны, если расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения  $b = 1$  м. Длина света  $\lambda = 500$  нм.
- 6.7. На узкую щель падает нормально монохроматический свет. Угол отклонения пучков света, соответствующих второй светлой дифракционной полосе, равен  $1^\circ$ . Сколько длин волн падающего света укладывается на ширине щели?
- 7.7. Пучок плоскополяризованного света ( $\lambda = 589$  нм) падает на пластинку исландского шпата перпендикулярно к его оптической оси. Найти длины волн  $\lambda_o$  и  $\lambda_e$  обыкновенного и необыкновенного лучей в кристалле, если показатели преломления исландского шпата для обыкновенного и необыкновенного лучей равны  $n_o = 1,66$  и  $n_e = 1,49$ .
- 8.7. Найти степень поляризации света, отраженного от поверхности стекла под углами  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $56^\circ 51'$ ,  $90^\circ$ . Показатель преломления стекла  $n = 1,53$ . Падающий свет – естественный.
- 9.6. Естественный свет проходит через систему из двух одинаковых несовершенных поляризаторов, каждый из которых пропускает в своей плоскости 95 % интенсивности соответствующего колебания и обуславливает степень поляризации  $P = 0,90$ . Какую долю первоначальной интенсивности света составляет интенсивность света, прошедшего через эту систему, если плоскости поляризаторов взаимно перпендикулярны (поляризаторы скрещены)?

## Вариант 8

**1.8.** Имеются две оптические среды с плоской границей раздела. Пусть  $\theta_{\text{лп}}$  – предельный угол падения луча, а  $\theta_1$  – угол падения, при котором преломленный луч перпендикулярен отраженному (луч идет из оптически более плотной среды). Найти относительный показатель преломления этих сред, если  $\sin \theta_{\text{лп}}/\sin \theta_1 = \eta = 1,28$ .

**2.9.** Человек движется вдоль главной оптической оси объектива фотоаппарата со скоростью  $v = 5$  м/с. С какой скоростью  $u$  необходимо перемещать матовое стекло фотоаппарата, чтобы изображение человека на нем все время оставалось резким. Главное фокусное расстояние  $F$  объектива равно 20 см. Вычисления выполнить для случая, когда человек находился на расстоянии  $d = 10$  м от фотоаппарата.

**3.8.** Расстояния от призмы Френеля с показателем преломления  $n = 1,5$  до узкой щели и экрана равны соответственно  $a = 25$  и  $b = 100$  см. Преломляющий угол призмы  $Q = 20'$ . Найти длину волны света  $\lambda$ , если ширина интерференционной полосы на экране  $\Delta x = 0,55$  мм.

**4.8.** Две плоскопараллельные стеклянные пластинки приложены одна к другой так, что между ними образовался воздушный клин с острым углом  $30''$ . На одну из пластинок падает нормально монохроматический свет с длиной волны  $0,6$  мкм. На каком расстоянии от линии соприкосновения пластинок наблюдаются первая и вторая светлые полосы в отраженном свете?

**5.8.** Свет от монохроматического источника ( $\lambda = 600$  нм) падает нормально на диафрагму с диаметром отверстия  $d = 6$  мм. За диафрагмой на расстоянии  $l = 3$  м от нее находится экран. Какое число зон Френеля укладывается в отверстии диафрагмы? Каким будет центр дифракционной картины на экране: темным или светлым?

**6.8.** Свет с длиной волны  $\lambda$  падает нормально на прямоугольную щель шириной  $b$ . Найти угловое распределение интенсивности света при фраунгоферовой дифракции, а также угловое положение минимумов.

**7.8.** Определить толщину пластинки из кальцита, которая в желтом свете с длиной волны  $\lambda_0 = 5893 \text{ \AA}$  создает сдвиг фаз между обыкновенным и необыкновенным лучами, равный  $\pi/2$  (пластинка в четверть волны). Какой сдвиг возникает при этом в фиолетовом свете ( $\lambda_1 = 4047 \text{ \AA}$ ), проходящем через эту пластинку? Разность показателей преломления в этом диапазоне длин волн считать  $\Delta n = 0,009$ .

**8.8.** Обыкновенный и необыкновенный лучи получают путем разложения одного и того же пучка естественного света; следовательно, у соответствующих волн фазы абсолютно одинаковые. Возникнет ли картина интерференционных максимумов и минимумов, если свести оба луча вместе.

**9.8.** Стопа Столетова состоит из плоскопараллельных стеклянных пластинок с показателем преломления  $n = 1,5$ . На нее под углом Брюстера падает свет, поляризованный в плоскости падения. Начертить график для коэффициентов отражения и пропускания стопы в зависимости от числа  $N$  пластинок.



## Вариант 9

**1.9.** На дне ручья лежит камешек. Мальчик хочет толкнуть его палкой. Прицеливаясь, мальчик держит палку по лучу зрения под углом  $45^\circ$  к горизонту. На каком расстоянии от камешка воткнется палка в дно ручья, если его глубина  $0,4$  м? Где будет находиться кажущееся положение камешка, если на него смотреть сверху по вертикали? Показатель преломления воды  $n = 1,33$ .

**2.9.** Человек движется вдоль главной оптической оси объектива фотоаппарата со скоростью  $v = 5$  м/с. С какой скоростью  $u$  необходимо перемещать матовое стекло фотоаппарата, чтобы изображение человека на нем все время оставалось резким. Главное фокусное расстояние  $F$  объектива равно  $20$  см. Вычисления выполнить для случая, когда человек находился на расстоянии  $d = 10$  м от фотоаппарата.

**3.9.** В изображенной на рисунке установке с бизеркалами Френеля  $S$  – источник света в виде перпендикулярной к плоскости рисунка щели;  $\mathcal{E}$  – экран. Расстояние  $r = 0,1$  м,  $b = 1$  м. Найти: а) значение угла  $\alpha$ , при котором для  $\lambda = 500$  нм ширина  $\Delta x$  интерференционных полос на экране будет равна  $1$  мм; б) максимальное  $N$  число полос, которое можно наблюдать в этом случае.

**4.9.** Полосы равной толщины наблюдаются в воздушном пространстве между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинками, образующими малый угол. Клино освещается рассеянным монохроматическим светом. Пластинки рассматривают с расстояния наилучшего зрения ( $25$  см) в направлении, перпендикулярном к поверхности клина, причем глаз может смещаться перпендикулярно к ребру клина. Оцените максимальное число интерференционных полос, которые можно видеть при диаметре зрачка глаза  $5$  мм; степень монохроматичности  $(\Delta\lambda/\lambda)$ , необходимую для того, чтобы такое число полос могло наблюдаться.

**5.9.** Дифракционная картина наблюдается на расстоянии  $l = 4$  м от точечного источника монохроматического света ( $\lambda = 500$  нм). На расстоянии  $a = 0,5l$  от источника помещена диафрагма с круглым отверстием. При каком радиусе  $R$  отверстия центр дифракционных колец, наблюдаемых на экране, будет наиболее темным?

**6.9.** Дифракционная решетка освещена нормально падающим монохроматическим светом. В дифракционной картине максимум второго порядка отклонен на угол  $\varphi_1 = 14^\circ$ . На какой угол отклонен максимум третьего порядка?

**7.9.** Можно ли получить свет, поляризованный по кругу, с помощью пластинки с «толщиной», иной чем в четверть волны?

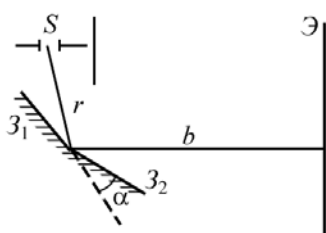
**8.10.** Естественный свет падает под углом Брюстера на поверхность стекла. Определить с помощью формул Френеля: а) коэффициент отражения; б) степень поляризации преломленного света.

**9.9.** Кварцевую пластинку, вырезанную параллельно оптической оси, поместили между двумя скрещенными николями. Угол между главными направлениями николей и пластинки равен  $45^\circ$ . Толщина пластинки  $d = 0,5$  мм. При каких длинах волн в интервале  $0,5 - 0,6$  мкм интенсивность света, прошедшего через эту систему, не будет зависеть от поворота заднего николя? Разность показателей преломления обыкновенных и необыкновенных лучей в этом интервале длин волн считать  $\Delta n = 0,009$ .

## Вариант 10

**1.10.** Луч света распространяется в среде, показатель преломления которой убывает с высотой по закону  $n = n_0 - ky$ , где  $n_0, k$  – постоянные. На какой высоте луч повернет обратно. В точке  $y = 0$  угол между направлением луча и координатой  $y$  равен  $\alpha_0$ .

**2.10.** Фотографируется момент погружения в воду прыгуна с вышки высотой 4,9 м. Фотограф находится у воды на расстоянии 10 м от места погружения. Фокусное расстояние объектива фотоаппарата равно 20 см. На негативе допустимо «размытие» изображения не более 0,05 мм. На какое наибольшее время (в миллисекундах) должен быть открыт затвор фотоаппарата?



**3.10.** Выразить расстояние  $x$  от центра интерференционной картины до  $m$ -й светлой полосы в опыте с бипризмой (см. рисунок). Показатель преломления призмы  $n$ , преломляющий угол  $\theta$ , длина волны  $\lambda$ . Интерферирующие лучи падают на экран приблизительно перпендикулярно.

**4.10.** Плосковыпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны сферической поверхности 12,5 см сильно прижата к стеклянной пластинке. Диаметры десятого и пятнадцатого темных колец Ньютона в отраженном свете равны соответственно 1,0 и 1,5 мм. Определите длину волны света.

**5.10.** На диафрагму с диаметром  $D = 1,96$  мм падает нормально параллельный пучок монохроматического света ( $\lambda = 600$  нм). При каком наибольшем расстоянии  $l$  между диафрагмой и экраном в центре дифракционной картины будет наблюдаться темное пятно?

**6.10.** На дифракционную решетку, содержащую  $n = 400$  штрихов на 1 мм, падает нормально монохроматический свет ( $\lambda = 0,6$  мкм). Найти общее число дифракционных максимумов, которые дает эта решетка. Определить угол дифракции, соответствующий последнему максимуму.

**7.10.** Под каким  $i_B$  к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера, были полностью поляризованы? Показатель преломления воды  $n = 1,33$ .

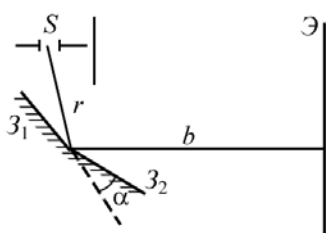
**8.10.** Естественный свет падает под углом Брюстера на поверхность стекла. Определить с помощью формул Френеля: а) коэффициент отражения; б) степень поляризации преломленного света.

**9.10.** Кристаллическая пластинка, вырезанная параллельно оптической оси, помещена между двумя скрещенными николями так, что ее оптическая составляет угол  $45^\circ$  с главными направлениями николей. При какой наименьшей толщине свет с  $\lambda_1 = 643$  нм будет проходить через эту систему с максимальной интенсивностью, а свет с длиной волны  $\lambda_2 = 564$  нм будет сильно ослаблен? Разность показателей преломления обыкновенных и необыкновенных лучей считать 0,009.

## Вариант 11

**1.11.** Показатель преломления атмосферы планеты уменьшается с высотой  $h$  над ее поверхностью по закону  $n = n_0 - \alpha h$  при  $h > n_0 / \alpha$ . Радиус планеты  $R$ . Найдите, на какой высоте над поверхностью планеты луч, испущенный горизонтально, будет обходить планету, оставаясь все время на этой высоте.

**2.11.** Оптическая система состоит из двух собирающих линз с фокусными расстояниями 20 и 10 см. Расстояние между линзами 30 см. Предмет находится на расстоянии 30 см от первой линзы. Определите, на каком расстоянии от второй линзы находится изображение предмета?



**3.10.** Выразить расстояние  $x$  от центра интерференционной картины до  $m$ -й светлой полосы в опыте с бипризмой (см. рисунок). Показатель преломления призмы  $n$ , преломляющий угол  $\theta$ , длина волны  $\lambda$ . Интерферирующие лучи падают на экран приблизительно перпендикулярно.

**4.11.** Ширина 10 колец Ньютона, отсчитываемых вдали от их центра, равна 0,7 мм, ширина следующих 10 колец – 0,4 мм. Определите радиус кривизны линзы, если наблюдение производится в отраженном свете при длине волны 0,589 мкм.

**5.11.** Вычислить радиус пятой зоны Френеля для плоского волнового фронта ( $\lambda = 0,5$  мкм), если построение делается для точки наблюдения, находящейся на расстоянии  $b = 1$  м от фронта волны.

**6.11.** При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядков отчасти перекрывают друг друга. На какую длину волны в спектре второго порядка накладывается фиолетовая граница ( $\lambda = 0,4$  мкм) спектра третьего порядка?

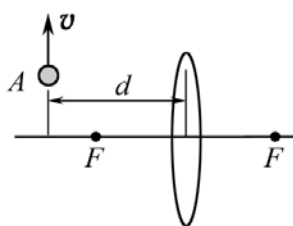
**7.11.** Параллельный пучок света переходит из глицерина ( $n_1 = 1,47$ ) в стекло ( $n_2 = 1,5$ ) так, что пучок, отраженный от границы раздела этих сред, оказывается максимально поляризованным. Определить угол  $\gamma$  между падающим и преломленным лучами.

**8.11.** Степень поляризации частично поляризованного света  $P = 0,25$ . Найти отношение интенсивности поляризованной составляющей этого света к интенсивности естественной составляющей.

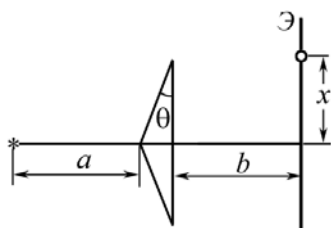
**9.11.** Пучок естественного света падает на систему из  $N = 6$  николей, плоскость пропускания каждого из которых повернута на угол  $\varphi = 30^\circ$  относительно плоскости пропускания предыдущего николя. Какая часть светового потока проходит через эту систему?

## Вариант 12

**1.12.** Имеются две тонкие симметричные линзы: одна собирающая с показателем преломления  $n_1 = 1,70$ , другая рассеивающая с  $n_2 = 1,51$ . Обе линзы имеют одинаковый радиус кривизны поверхностей  $R = 10$  см. Линзы сложили вплотную и погрузили в воду. Каково фокусное расстояние этой системы в воде?



**2.12.** Точка  $A$  движется с постоянной скоростью  $2$  см/с в направлении, как показано на рисунке. С какой скоростью движется изображение этой точки, если  $d = 0,15$  м, а фокусное расстояние линзы  $F = 0,1$  м?



**3.11.** В схеме, предложенной Ллойдом, световая волна, падающая на экран  $\mathcal{E}$  непосредственно от светящейся щели  $S$ , интерферирует с волной, отразившейся от зеркала  $Z$  (см. рисунок). Пусть расстояние от щели до плоскости зеркала  $h = 1$  мм, расстояние от щели до экрана  $L = 1$  м, длина световой волны  $\lambda = 500$  нм. Найти: а) ширину интерференционных полос  $\Delta x$ ; б) при какой минимальной ширине щели  $b_{\min}$  интерференционная картина на экране полностью исчезает.

**4.11.** Ширина 10 колец Ньютона, отсчитываемых вдали от их центра, равна  $0,7$  мм, ширина следующих 10 колец –  $0,4$  мм. Определите радиус кривизны линзы, если наблюдение производится в отраженном свете при длине волны  $0,589$  мкм.

**5.11.** Вычислить радиус пятой зоны Френеля для плоского волнового фронта ( $\lambda = 0,5$  мкм), если построение делается для точки наблюдения, находящейся на расстоянии  $b = 1$  м от фронта волны.

**6.11.** При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядков отчасти перекрывают друг друга. На какую длину волны в спектре второго порядка накладывается фиолетовая граница ( $\lambda = 0,4$  мкм) спектра третьего порядка?

**7.11.** Параллельный пучок света переходит из глицерина ( $n_1 = 1,47$ ) в стекло ( $n_2 = 1,5$ ) так, что пучок, отраженный от границы раздела этих сред, оказывается максимально поляризованным. Определить угол  $\gamma$  между падающим и преломленным лучами.

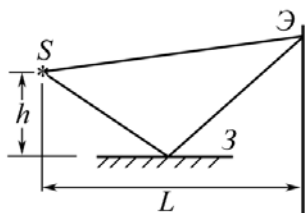
**8.11.** Степень поляризации частично поляризованного света  $P = 0,25$ . Найти отношение интенсивности поляризованной составляющей этого света к интенсивности естественной составляющей.

**9.11.** Пучок естественного света падает на систему из  $N = 6$  николей, плоскость пропускания каждого из которых повернута на угол  $\varphi = 30^\circ$  относительно плоскости пропускания предыдущего николя. Какая часть светового потока проходит через эту систему?

### Вариант 13

**1.12.** Имеются две тонкие симметричные линзы: одна собирающая с показателем преломления  $n_1 = 1,70$ , другая рассеивающая с  $n_2 = 1,51$ . Обе линзы имеют одинаковый радиус кривизны поверхностей  $R = 10$  см. Линзы сложили вплотную и погрузили в воду. Каково фокусное расстояние этой системы в воде?

**2.13.** Источник света находится на  $l = 90$  см от экрана. Тонкая собирающая линза, помещенная между источником света и экраном, дает четкое изображение источника при двух ее положениях. Найти фокусное расстояние линзы, если а) расстояние между обоими положениями  $\Delta l = 30$  см; б) поперечные размеры изображения при одном положении линзы в  $\eta = 4,0$  раза больше, чем при другом.



**3.13.** В опыте Ллойда в качестве отражающей взята поверхность стеклянной пластины, а источником света служит параллельная щель, середина которой находится на расстоянии  $h = 1$  мм от продолжения отражающей поверхности. Экран расположен на расстоянии  $L = 4$  м от щели, длина волны  $\lambda = 700$  нм. Найти число интерференционных полос  $n$ , укладывающихся на отрезке экрана

длиной  $l = 4,2$  мм.

**4.13.** На стеклянный клин падает нормально пучок света ( $\lambda = 5,82 \cdot 10^{-7}$  м). Угол клина  $\theta = 20''$ . Какое число темных интерференционных полос приходится на единицу длины клина? Показатель преломления света  $n = 1,5$ .

**5.13.** На диафрагму с круглым отверстием диаметром  $d = 4$  мм падает нормально параллельный пучок лучей монохроматического света ( $\lambda = 0,5$  мкм). Точка наблюдения находится на расстоянии 1 м от него. Сколько зон Френеля укладывается на отверстии? Темное или светлое пятно будет наблюдаться в центре дифракционной картины, если в месте наблюдения поместить экран?

**6.13.** На щель шириной  $a = 2$  мкм падает нормально параллельный пучок монохроматического света ( $\lambda = 589$  нм). Под какими углами  $\varphi$  будут наблюдаться дифракционные минимумы света?

**7.13.** Пучок естественного света, идущий в воде, отражается от грани алмаза, погруженного в воду. Показатели преломления: воды  $n = 1,33$ , алмаза  $n = 2,42$ .  
Ответ:  $61^\circ 12'$ .

**8.13.** Показатель преломления кристаллического кварца для длины волны  $\lambda = 589$  нм равен  $n_0 = 1,544$  для обыкновенного луча и  $n_e = 1,544$  для необыкновенного луча. На пластинку кварца, вырезанную параллельно оптической оси, нормально падает линейно поляризованный свет указанной длины волны, занимающий спектральный интервал  $\Delta\lambda = 400$  нм. Найти толщину пластинки  $d$  и направление поляризации падающего света, если свет после пластинки оказался неполяризованным.

**9.13.** Естественный свет пропускают через два одинаковых поставленных один за другим несовершенных поляризатора. Интенсивность прошедшего через эту систему света при параллельных плоскостях поляризаторов ( $I_{\parallel}$ ) превышает интенсивность при взаимно перпендикулярных плоскостях ( $I_{\perp}$ ) в  $n = 9,53$  раза. Определить: а) степень поляризации  $P_1$  света, прошедшего только через один из поляризаторов; б) степень поляризации  $P_{\parallel}$  света, обусловливаемую системой при параллельных плоскостях поляризаторов.

## Вариант 14

**1.14.** Для некоторой стеклянной призмы угол наименьшего отклонения луча равен преломляющему углу призмы. Найти последний.

**2.14.** Линзу с фокусным расстоянием  $F$  и радиусами кривизны  $r_1$  и  $r_2$  встроили в стенку аквариума так, что поверхность линзы с радиусом кривизны  $r_2$  находится внутри аквариума. Показатель преломления воды  $n$ . Определите, на каком расстоянии от линзы сфокусируется параллельный пучок света: а) входящий в аквариум; б) выходящий из аквариума.

**3.14.** Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом. Наблюдение ведется в отраженном свете. Радиусы двух соседних темных колец равны соответственно  $r_K = 4,0$  мм и  $r_{K+1} = 4,38$  мм. Радиус кривизны линзы равен  $R = 6,4$  м. Найти порядковые номера колец и длину волны  $\lambda$  падающего света.

**4.15.** Найти минимальную толщину  $d_{\min}$  пленки с показателем преломления  $n = 1,33$ , при которой свет с длиной волны  $\lambda_1 = 0,64$  мкм испытывает максимальное отражение, а свет с длиной волны  $\lambda_2 = 0,40$  мкм не отражается совсем. Угол падения света  $\alpha = 30^\circ$ .

**5.14.** Плоская световая волна ( $\lambda = 0,7$  мкм) падает нормально на диафрагму с круглым отверстием радиусом  $r = 1,4$  мм. Определить расстояния  $b_1, b_2, b_3$  от диафрагмы до трех наиболее удаленных от нее точек, в которых наблюдаются минимумы интенсивности.

**6.14.** На щель шириной  $a = 20$  мкм падает нормально параллельный пучок монохроматического света ( $\lambda = 500$  нм). Найти ширину изображения щели на экране, удаленном от щели на расстояние  $l = 1$  м. Шириной изображения считать расстояние между первыми дифракционными минимумами, расположенными по обе стороны от главного максимума освещенности.

**7.17.** Угол Брюстера  $\alpha_B$  при падении света из воздуха в кристалл каменной соли равен  $57^\circ$ . Определить скорость света в этом кристалле.

**8.14.** Параллельный пучок неполяризованного монохроматического света падает на пластинку в  $\lambda/4$ . Интенсивность света в некоторой точке  $P$  за пластинкой равна  $I_0$ . Из пластинки вырезают диск, закрывающий одну зону Френеля для точки  $P$ . Диск повернули вокруг луча на угол  $90^\circ$  и поставили на место. Какой стала интенсивность  $I$  в точке  $P$ ?

**9.14.** На боковую грань призмы, изготовленной из стекла с показателем преломления  $n = 1,5$ , падает под углом Брюстера  $\alpha_B$  световой пучок, электрический вектор которого лежит в плоскости падения. Каким должен быть преломляющий угол призмы  $A$ , чтобы свет прошел через нее, не испытав потерь на отражение?

### Вариант 15

**1.15.** В стекле с показателем преломления 1,52 имеется сферическая полость радиусом 3 см, заполненная водой с показателем преломления 1,33. На полость падают параллельные лучи света. Определите радиус светового пучка, который проникает в полость.

**2.15.** Точечный источник света помещен на главной оптической оси собирающей линзы  $L_1$  с фокусным расстоянием 20 см на расстоянии 40 см от этой линзы. По другую сторону линзы  $L_1$  в ее фокальной плоскости помещена рассеивающая линза  $L_2$  так, что вышедшие из линзы  $L_2$  лучи кажутся исходящими из самого источника. Определите фокусное расстояние рассеивающей линзы.

**3.15.** Установка для наблюдения колец Ньютона освещена монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 0,6$  мкм, падающим нормально. Найти толщину воздушного слоя  $h$  между линзой и стеклянной пластиной в том месте, где наблюдается четвертое темное кольцо в отраженном свете.

**4.15.** Найти минимальную толщину  $d_{\min}$  пленки с показателем преломления  $n = 1,33$ , при которой свет с длиной волны  $\lambda_1 = 0,64$  мкм испытывает максимальное отражение, а свет с длиной волны  $\lambda_2 = 0,40$  мкм не отражается совсем. Угол падения света  $\alpha = 30^\circ$ .

**5.15.** Точечный источник света ( $\lambda = 0,5$  мкм) расположен на расстоянии  $a = 1$  м от плоской диафрагмы с круглым отверстием радиусом  $r = 0,5$  мм. Определить расстояние от экрана до диафрагмы, при котором отверстие открывало бы три зоны Френеля.

**6.15.** На дифракционную решетку падает нормально пучок света. Для того, чтобы увидеть красную линию ( $\lambda = 700$  нм) в спектре этого порядка, зрительную трубу пришлось установить под углом  $\varphi = 30^\circ$  к оси коллиматора. Найти постоянную дифракционной решетки. Какое число штрихов нанесено на единицу длины этой решетки?

**7.17.** Угол Брюстера  $\alpha_B$  при падении света из воздуха в кристалл каменной соли равен  $57^\circ$ . Определить скорость света в этом кристалле

**8.15.** Требуется изготовить параллельную оптической оси кварцевую пластинку, толщина которой не превышала бы 0,5 мм. Найти максимальную толщину этой пластинки, при которой линейно поляризованный свет с длиной волны  $\lambda = 589$  нм после прохождения ее: а) испытывает лишь поворот плоскости поляризации; б) станет поляризованным по кругу.

**9.15.** На поверхность воды под углом Брюстера падает пучок плоско поляризованного света. Плоскость колебаний светового вектора составляет угол  $\varphi = 45^\circ$  с плоскостью падения. Найти коэффициент отражения.

## Вариант 16

**1.16.** Столб вбит в дно реки и возвышается над водой на 1 м. Найти длину тени столба на дне реки, если высота Солнца над горизонтом  $30^\circ$  (угол между солнечным лучом и поверхностью воды), глубина реки 2 м, показатель преломления воды 1,33.

**2.16.** С помощью фотоаппарата с объективом, оптическая сила которого  $D = 10$  дптр, фотографируют предмет, находящийся на дне водоема глубиной  $h_1 = 1,2$  м. Каково расстояние между объективом и пленкой? Объектив расположен на расстоянии  $h_2 = 0,50$  м от поверхности воды.

**3.16.** Найти расстояние  $l$  между десятым и одиннадцатым кольцами Ньютона, наблюдаемыми в отраженном свете, если расстояние между вторым и третьим  $l_1 = 3$  мм. Свет падает нормально.

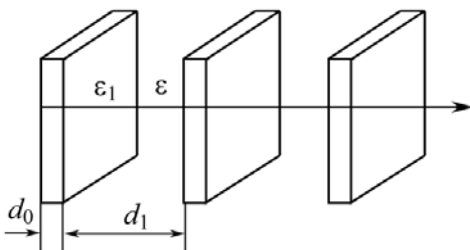
**4.16.** В опыте Ллойла (см. рисунок) световая волна, исходящая непосредственно из источника  $S$  (узкой щели), интерферирует с волной, отраженной от зеркала  $Z$ . В результате на экране  $\mathcal{E}$  образуется система интерференционных полос. Расстояние от источника до экрана  $l = 100$  см. При некотором положении источника ширина интерференционной полосы на экране  $\Delta x = 0,25$  мм, а после того как источник отодвинули от плоскости зеркала на  $\Delta h = 0,60$  мм, ширина полос уменьшилась в  $\eta = 1,5$  раза. Найти длину волны света.

**5.16.** Точечный источник света с  $\lambda = 500$  нм помещен на расстоянии  $a = 0,500$  м перед непрозрачной преградой с отверстием радиуса  $r = 0,500$  мм. Определить расстояние  $b$  от преграды до точки, для которой число открываемых отверстием зон Френеля равно: а) 1; б) 5; в) 10.

**6.15.** На дифракционную решетку падает нормально пучок света. Для того, чтобы увидеть красную линию ( $\lambda = 700$  нм) в спектре этого порядка, зрительную трубу пришлось установить под углом  $\varphi = 30^\circ$  к оси коллиматора. Найти постоянную дифракционной решетки. Какое число штрихов нанесено на единицу длины этой решетки?

**7.18.** Пучок света падает на систему из  $N = 6$  поляризаторов, плоскость пропускания каждого из которых повернута на угол  $\varphi = 30^\circ$  и относительно плоскости пропускания предыдущего поляризатора. Какая часть светового потока проходит через эту систему?

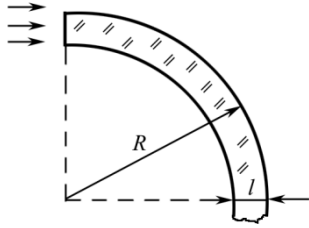
**8.16.** На пути плоскополяризованного монохроматического света поставлена двоякопреломляющая клиновидная пластинка, оптическая ось которой параллельна ребру клина. Ось образует с плоскостью колебаний в падающем свете угол  $45^\circ$ . Каков характер света за пластинкой?



**9.16.** На периодическую структуру, состоящую из тонких параллельных диэлектрических пластин, падает плоская монохроматическая волна (см. рисунок). Толщина пластин равна  $d_0$ , расстояние между ними  $d$ . Диэлектрическая проницаемость пластин равна  $\epsilon_1$ , окружающей среды  $\epsilon$ . Длина волны значительно больше  $d_0$  и  $d$ . Показать, что структура аналогична одноосному кристаллу, и определить показатели преломления обыкновенного  $n_0$  и необыкновенного  $n_e$  лучей.



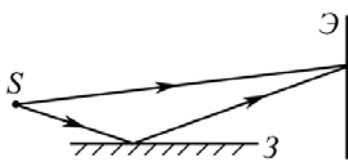
### Вариант 17



**1.17.** Каким должен быть внешний радиус изгиба световода, сделанного из прозрачного вещества с показателем преломления  $n$ , чтобы при диаметре световода, равном  $l$ , свет, вошедший в световод перпендикулярно плоскости его поперечного сечения, распространяется, не выходя через боковую поверхность наружу?

**2.17.** В трубку вставлены две двояковыпуклые линзы таким образом, что их главные оптические оси совпадают. Расстояние между линзами  $l = 16$  см. Главное фокусное расстояние первой линзы  $F_1 = 8$  см, второй –  $F_2 = 5$  см. Предмет высотой  $h = 9$  см помещен на расстоянии  $d_1 = 40$  см от первой линзы. На каком расстоянии от второй линзы получилось изображение? Какова высота  $h'$ ?

**3.17.** Диаметр четвертого темного кольца Ньютона в отраженном свете  $d = 9$  мм. Радиус кривизны линзы  $R = 8,6$  м. Монохроматический свет падает нормально. Найти длину волны  $\lambda$  падающего света.



**4.17.** На рисунке показана интерференционная схема с бизеркалами Френеля. Угол между зеркалами  $\alpha = 12'$ , расстояние от линии пересечения зеркал до узкой щели  $S$  и экрана  $\mathcal{E}$  равно соответственно  $r = 10,0$  см и  $b = 130$  см. Длина волны света  $\lambda = 0,55$  мкм. Определить: а) ширину интерференционной полосы на экране и число возможных максимумов; б) сдвиг интерференционной картины на экране при смещении щели на  $\delta l = 1,0$  мм по дуге радиуса  $r$  с центром в точке  $O$ ; в) при какой максимальной ширине щели  $\delta_{\max}$  интерференционные полосы на экране будут наблюдаться еще достаточно отчетливо?

**5.17.** Точечный источник света с  $\lambda = 550$  нм помещен на расстоянии  $a = 1$  м перед непрозрачной преградой с отверстием радиуса  $r = 2$  мм. Определить минимальное число открытых зон Френеля, которое может наблюдаться при этих условиях.

**6.17.** Период дифракционной решетки равен 2 мкм. Определите наибольший порядок спектра, полученный с помощью этой решетки при падении на нее нормально плоской монохроматической волны длиной 600 нм.

**7.17.** Угол Брюстера  $\alpha_B$  при падении света из воздуха в кристалл каменной соли равен  $57^\circ$ . Определить скорость света в этом кристалле.

**8.17.** Параллельный пучок неполяризованного монохроматического света падает на пластинку в  $\lambda/2$ . Интенсивность света в некоторой точке  $P$  за пластинкой равна  $I_0$ . Из пластинки вырезают диск, закрывающий полторы зоны Френеля для точки  $P$ . Диск повернули вокруг луча на угол  $\pi/2$  и поставили на место. Какой стала интенсивность  $I$  в точке  $P$ ?

**9.17.** Линейно поляризованный световой пучок падает на поляризатор, вращающийся вокруг оси с угловой скоростью  $\omega = 21$  рад/с. Найти световую энергию, проходящую через поляризатор за один оборот, если поток энергии в падающем пучке  $\Phi_0 = 4$  мВт.

## Вариант 18

**1.18.** Действительное изображение предмета в вогнутом зеркале превышает по своим размерам предмет в три раза. После того как предмет отодвинули от зеркала на 80 см, его изображение стало в два раза меньше предмета. Найти фокусное расстояние зеркала.

**2.18.** Лупа дает увеличение  $\Gamma_1 = 2$ . Вплотную к ней приложили собирательную линзу с оптической силой  $D = 20$  дптр. Какое увеличение  $\Gamma_2$  будет давать такая составная лупа?

**3.18.** Найти радиус кривизны  $R$  линзы, применяемой для наблюдения колец Ньютона, если расстояние между вторым и третьим светлыми кольцами  $l = 0,50$  мм. Освещение производится монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 550$  нм. Наблюдение ведется в отраженном свете.

**4.18.** Плоская световая волна падает на бизеркала Френеля, угол между которыми  $\alpha = 2,0'$ . Определить длину волны света, если ширина интерференционной полосы на экране  $\Delta x = 0,55$  мм.

**5.18.** Точечный источник света с  $\lambda = 550$  нм помещен на расстоянии  $a = 1$  м перед непрозрачной преградой с отверстием радиуса  $r = 2$  мм. Определить, при каком значении расстояний  $b$  от преграды до точки наблюдения получается минимальное возможное число открытых зон?

**6.18.** Дифракционная картина получена с помощью решетки длиной  $l = 1,5$  см и периодом  $d = 5$  мкм. Определить, в спектре какого наименьшего порядка этой картины получатся отдельные изображения двух спектральных линий с разностью длин волн  $\Delta\lambda = 0,1$  нм, если линии лежат в крайней красной части спектра ( $\lambda \approx 760$  нм).

**7.18.** Пучок света падает на систему из  $N = 6$  поляризаторов, плоскость пропускания каждого из которых повернута на угол  $\varphi = 30^\circ$  и относительно плоскости пропускания предыдущего поляризатора. Какая часть светового потока проходит через эту систему?

**8.18.** Какой толщины кварцевую пластинку нужно поместить между скрещенными поляроидами, чтобы поле стало: а) синим; б) красным?

**9.18.** Световой вектор  $\mathbf{E}$  плоской волны изменяется по закону  $\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \cos(\omega t - kx)$ , причем вектор  $\mathbf{E}_0$  образует с осями  $y$  и  $z$  углы соответственно  $\alpha$  и  $(\pi/2 - \alpha)$ . Написать выражения для составляющих вектора  $\mathbf{E}$  по осям  $y$  и  $z$ .

## Вариант 19

**1.19.** Какие очки вы пропишете близорукому человеку, который может читать текст, расположенный от глаз не далее 20 см, а какие дальнозоркому, который может читать текст, расположенный от глаз не ближе 50 см?

**2.19.** При окуляре с фокусным расстоянием  $F_2 = 50$  мм телескоп дает угловое увеличение  $\Gamma_1 = 60$ . Какое угловое увеличение  $\Gamma_2$  даст один объектив, если убрать окуляр и рассматривать действительное изображение, созданное объективом, невооруженным глазом с расстояния наилучшего зрения?

**3.19.** Плосковыпуклая стеклянная линза, радиус кривизны которой  $R = 40$  см, соприкасается выпуклой поверхностью со стеклянной пластинкой. При этом в отраженном свете радиус некоторого кольца  $r = 2,5$  мм. Наблюдая за кольцом, линзу осторожно отодвинули от пластинки на  $\Delta h = 5,0$  мкм. Каким стал радиус  $r'$  этого кольца?

**4.19.** Плоская монохроматическая световая волна падает нормально на диафрагму с двумя узкими щелями, отстоящими друг от друга на расстояние  $d = 2,5$  мм. На экране, расположенном за диафрагмой на  $l = 100$  см, образуется система интерференционных полос. На какое расстояние и в какую сторону сместятся полосы, если одну из щелей перекрыть стеклянной пластинкой толщиной  $h = 10$  мкм?

**5.19.** На грань кристалла каменной соли падает параллельный пучок рентгеновского излучения  $\lambda = 147$  пм. Определить расстояние  $d$  между атомными плоскостями кристалла, если дифракционный максимум второго порядка наблюдается, когда излучение падает под углом  $\vartheta = 31^\circ 30'$  к поверхности кристалла.

**6.19.** Какой наименьшей разрешающей силой  $R$  должна обладать дифракционная решетка, чтобы с ее помощью можно было разрешить спектральные линии калия ( $\lambda_1 = 578$  нм и  $\lambda_2 = 580$  нм)? Какое наименьшее число штрихов должна иметь эта решетка, чтобы разрешение было возможно в спектре второго порядка?

**7.19.** При падении естественного света на некоторый поляризатор проходит  $\eta_1 = 30\%$  светового потока, а через два таких поляризатора  $\eta_2 = 13,5\%$ . Найти угол  $\varphi$  между плоскостями пропускания этих поляризаторов.

**8.19.** Плоская поляризованная по кругу монохроматическая волна света с длиной волны  $\lambda$  интенсивностью  $I_0$  падает на диск, вырезанный из идеального поляроида, показатель преломления которого равен  $n$ . Диск закрывает для некоторой точки  $P$  одну зону Френеля. Какова должна быть толщина  $d$  диска, чтобы интенсивность в точке  $P$  была максимальной? Найти эту интенсивность.

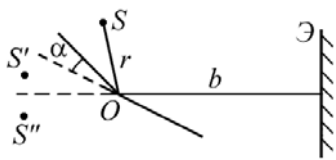
**9.20.** Плоскополяризованный свет с  $\lambda = 589$  нм проходит вдоль оси цилиндрического стеклянного сосуда, заполненного слегка замутненным раствором сахара с концентрацией 500 г/л. При наблюдении сбоку видна система винтообразных полос, причем расстояние между соседними темными полосами вдоль оси равно 50 см. Объяснить возникновение полос и определить удельную постоянную вращения раствора.

## Вариант 20

**1.20.** Каково наименьшее возможное расстояние  $l$  между предметом и его действительным изображением, создаваемым собирающей линзой с главным фокусным расстоянием  $F = 12$  см?

**2.20.** Телескоп наведен на Солнце. Фокусное расстояние  $F_1$  объектива телескопа равно 3 м. Окуляр с фокусным расстоянием  $F_2 = 50$  мм проецирует действительное изображение Солнца, созданное объективом на экран, расположенный на расстоянии  $b = 60$  см от окуляра. Плоскость экрана перпендикулярна оптической оси телескопа. Определить линейный диаметр  $d$  изображения Солнца на экране, если диаметр Солнца на небе виден невооруженным глазом под углом  $\alpha = 32'$ .

**3.20.** Плосковыпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны сферической поверхности  $R = 12,5$  см прижата к стеклянной пластинке. Диаметр некоторого темного кольца Ньютона в отраженном свете  $d_1 = 1,0$  мм, диаметр же темного кольца, порядковый номер которого на 5 единиц больше,  $d_2 = 1,5$  мм. Определить длину волны света  $\lambda$ .



**4.20.** На рисунке показана схема интерферометра, служащего для измерения показателей преломления прозрачных веществ. Здесь  $S$  – узкая щель, освещенная монохроматическим светом  $\lambda = 589$  нм;  $1$  и  $2$  – две одинаковые трубки с воздухом, длина каждой из которых  $l = 10,0$  см;  $D$  – диафрагма с двумя щелями, интерференционная картина на экране  $\mathcal{E}$  сместилась вверх на  $N = 17$  полос. Показатель преломления воздуха  $n = 1,000277$ . Определить показатель преломления аммиака.

**5.20.** Какова длина волны монохроматического рентгеновского излучения, падающего на кристалл кальцита, если дифракционный максимум первого порядка наблюдается, когда угол  $\vartheta$  между направлением падающего излучения и гранью кристалла равен  $3^\circ$ ? Расстояние между атомными плоскостями принять равным  $nd = 0,3$  нм.

**6.20.** Свет падает нормально на дифракционную решетку шириной  $l = 6,5$  см, имеющую 200 штрихов на миллиметр. Исследуемый спектр содержит спектральную линию с  $\lambda = 670,8$  нм, которая состоит из двух компонент, отличающихся на  $\delta\lambda = 0,015$  нм. Найти, в каком порядке спектра эти компоненты будут разрешены.

**7.20.** Покажите, что для угла Брюстера (угол падения  $\alpha_B$ , при котором отраженный луч полностью поляризован) справедливо соотношение  $\operatorname{tg} \alpha_B = n$ .

**8.20.** Круглое отверстие в непрозрачном экране содержит для точки наблюдения  $P$  одну зону Френеля. Отверстие закрыто поляроидами так, что направления колебаний в первой и второй половинах зон взаимно перпендикулярны. Отверстие освещается светом, поляризованным по кругу. Определить интенсивность света  $I$  в точке  $P$ , если в отсутствие экрана она равна  $I_0$ . Как будет поляризован свет в точке наблюдения? Считать, что в поляроидах нет поглощения света разрешенной поляризации.

**9.20.** Плоскополяризованный свет с  $\lambda = 589$  нм проходит вдоль оси цилиндрического стеклянного сосуда, заполненного слегка замутненным раствором сахара с концентрацией 500 г/л. При наблюдении сбоку видна система винтообразных полос, причем расстояние между соседними темными полосами вдоль оси равно 50 см. Объяснить возникновение полос и определить удельную постоянную вращения раствора.

## Вариант 21

**1.21.** Линза, расположенная на оптической скамье между лампочкой и экраном, дает на экране резко увеличенное изображение лампочки. Когда лампочку передвинули  $\Delta l = 40$  см ближе к экрану, на нем появилось резко уменьшенное изображение лампочки. Определить фокусное расстояние  $f$ , если расстояние  $l$  от лампочки до экрана равно 80 см.

**2.21.** Фокусное расстояние  $F_1$  объектива телескопа равно 1 м. В телескоп рассматривали здание, находящееся на расстоянии  $d = 1$  км. В каком направлении и на сколько нужно передвинуть окуляр, чтобы получить резкое изображение в двух случаях: 1) если после здания будут рассматривать Луну; 2) если вместо Луны будут рассматривать близкие предметы, находящиеся на расстоянии  $d_1 = 100$  м?

**3.21.** Найти расстояние  $l$  между двадцатым и двадцать первым светлыми кольцами Ньютона, если расстояние между вторым и третьим  $l_1 = 1$  мм, а кольца наблюдаются в отраженном свете.

**4.22.** Найти минимальную толщину пленки с показателем преломления 1,33, при которой свет с длиной волны 0,64 мкм испытывает максимальное отражение, а свет с длиной волны 0,40 мкм не отражается совсем. Угол падения света равен  $30^\circ$ .

**5.21.** Параллельный пучок рентгеновского излучения падает на грань кристалла. Под углом  $65^\circ$  к плоскости грани наблюдается максимум первого порядка. Расстояние между атомными плоскостями кристалла  $d = 280$  пм. Определить длину волны рентгеновского излучения.

**6.21.** При нормальном падении света на дифракционную решетку шириной 10 мм обнаружено, что компоненты желтой линии натрия (589 и 589,6 нм) оказываются разрешенными, начиная с пятого порядка спектра. Оценить период этой решетки.

**7.21.** Естественный свет падает на систему из трех последовательно расположенных одинаковых поляроидов, причем плоскость пропускания среднего поляроида составляет угол  $\varphi = 60^\circ$  с плоскостями пропускания двух других поляроидов. Каждый поляроид обладает поглощением таким, что при падении на него линейно поляризованного света максимальный коэффициент пропускания составляет  $\tau = 0,81$ . Во сколько раз уменьшится интенсивность света после прохождения этой системы?

**8.21.** Определить интенсивность света  $I$  в точке  $P$  экрана, на который падает монохроматический свет интенсивностью  $I_0$ , если на пути поставить диск из оптически активного вещества, закрывающего полторы зоны Френеля и поворачивающего плоскость поляризации на  $90^\circ$ . Отражением и поглощением света пренебречь.

**9.21.** Опыт показывает, что телу, облучаемому поляризованным по кругу светом, сообщается вращательный момент (эффект Садовского). Это связано с тем, что данный свет обладает моментом импульса, плотность потока которого в вакууме  $M = I / \omega$ , где  $I$  – интенсивность света;  $\omega$  – его круговая частота колебаний. Пусть поляризованный по кругу свет с длиной волны  $\lambda = 0,70$  мкм падает нормально на однородный черный диск массой  $m = 10$  мг, который может свободно вращаться вокруг своей оси. Через сколько времени его угловая скорость станет  $\omega_0 = 1,0$  рад/с, если  $I = 10$  Вт/см<sup>2</sup>?

## Вариант 22

**1.22.** При некотором положении предмета лупа дала четырехкратное увеличение. Как изменится это число, если расстояние от предмета до лупы уменьшить в 1,5 раза?

**2.22.** Галилеева труба 10-кратного увеличения при установке на бесконечность имеет длину 45 см. Найти: а) фокусные расстояния объектива и окуляра трубы; б) на какое расстояние надо передвинуть окуляр трубы, чтобы ясно видеть предметы на расстоянии 50 м.

**3.22.** Кольца Ньютона наблюдаются в отраженном свете длиной волны  $\lambda = 589$  нм. Расстояние между первым и вторым светлыми кольцами  $l = 0,5$  мм. Найти радиус кривизны  $R$  плосковыпуклой линзы.

**4.22.** Найти минимальную толщину пленки с показателем преломления 1,33, при которой свет с длиной волны 0,64 мкм испытывает максимальное отражение, а свет с длиной волны 0,40 мкм не отражается совсем. Угол падения света равен  $30^\circ$ .

**5.22.** Исходя из определения зон Френеля, найти число зон Френеля, которые открывает отверстие радиуса  $r$  для точки, находящейся на расстоянии  $b$  от центра отверстия, в случае, если волна, падающая на отверстие, плоская.

**6.22.** При какой ширине дифракционной решетки с периодом 0,05 мм можно разрешить в третьем порядке дублет спектральной линии с  $\lambda = 460$  нм, компоненты которого отличаются на 0,13 нм.

**7.19.** При падении естественного света на некоторый поляризатор проходит  $\eta_1 = 30\%$  светового потока, а через два таких поляризатора  $\eta_2 = 13,5\%$ . Найти угол  $\varphi$  между плоскостями пропускания этих поляризаторов.

**8.16.** На пути плоскополяризованного монохроматического света поставлена двоякопреломляющая клиновидная пластинка, оптическая ось которой параллельна ребру клина. Ось образует с плоскостью колебаний в падающем свете угол  $45^\circ$ . Каков характер света за пластинкой?

**9.1.** Между двумя скрещенными поляризаторами находится клиновидная пластинка, вырезанная из ирландского шпата так, что оптическая ось пластинки параллельна ребру клина. Угол при вершине клина  $\beta = 4,72'$ . Ось пластинки образует с плоскостями поляризаторов углы, равные  $45^\circ$ . Найти расстояние  $\Delta x$  между серединами светлых полос, наблюдаемых за вторым поляризатором при прохождении через систему света с  $\lambda = 486$  нм. Для этой длины волны показатели преломления ирландского шпата для обыкновенного и необыкновенного лучей  $n_0 = 1,668$  и  $n_e = 1,491$ .